

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 19920061151845

UDC _____

厦门大学

硕 士 学 位 论 文

纳秒量级全光纤磁光开关的研制

The Research and Manufacture of Nanosecond
All-fiber Magneto-optic Switch

林少汉

指导教师姓名: 翁梓华副教授

专 业 名 称: 机械电子工程

论文提交日期: 2009 年 4 月

论文答辩时间: 2009 年 5 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2009 年 5 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为翁梓华课题组的研究成果,获得福建省科技厅“福建省重大专项前期研究项目”(2005HZ1020)和厦门市科技局“厦门市科技计划项目”(3502ZZ20055011)的经费资助,在厦门大学光交换技术实验室完成。

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘 要

随着光网络的不断发展,人们对光开关的切换速度及可靠性方面的要求越来越高。磁光开关具有快的反应速度、低的插入损耗和固有的非互易性等特点,将在全光网络中起重要的作用。

在福建省科技计划资助项目的支持下,本文提出并研制出一种新型的磁光开关,实验结果表明该磁光开关具有纳秒级的开关速度。根据全光纤磁光开关的组成部分以及相关功能,本文的研究内容主要包括以下几个方面。

(1) 光路的设计及搭建

光路是全光纤磁光开关的核心部分,它决定了光开关的总体性能、成本和结构。磁光开关的光路设计主要根据磁光材料的法拉第效应和线偏振光的性质。全光纤磁光开关的光路主要包括了偏振分束器、偏振合束器、磁光晶体材料和半波片等部分。在本实验室的国家授权发明专利“全光纤磁光开关”的基础上,设计了磁光开关的光路,并用琼斯矩阵证明其可行性。

(2) 电路设计与制作

通过控制电路产生脉冲电流来驱动磁路产生磁场,放在磁路中的磁光材料 GSF (或 GMF) 被磁化而使通过磁光材料的线偏振光发生偏转。电路和磁路设计是磁光开关开关时间大小的关键之一。本文设计了三种电路方案,其中一种是利用 AT89S52 单片机控制 MC33886 来产生电流脉冲。另外两种方案是利用 DE150 和雪崩三极管 FMMT415 来产生上升沿在纳秒量级的脉冲,用来驱动自保磁材料制作的磁光开关。对三种电路分别进行了仿真、制作和优化。

(3) 磁路设计与制作

磁路部分是用来直接驱动法拉第旋转器的部件,它的结构直接影响到磁光开关的开关时间。设计三种磁路方案,并进行了可行性分析和性能对比实验,最后选用的是螺线管结构。螺线管的尺寸决定了磁光开关的整体结构。分析和设计了螺线管的结构,并对螺线管的磁场和电感大小进行了计算和测试。

关键词: 磁光开关; 法拉第效应; 开关时间。

厦门大学博硕士论文摘要库

ABSTRACT

With the continuous development of optical network, the demand of high-speed and reliability of optical switch is increased. Magneto-optic switch is expected to play an important role in all-optical network due to its high switching speed, operating at low voltages, featured as low insertion loss and intrinsic non-reciprocity.

A new Magneto-optic switch is proposed and manufactured by the supporting of Science and Technology Project of Fujian Province. The experiment results show that the magneto-optic switch have the characteristic of high-speed. According to the component and reference function of all-fiber magneto-optic switch, this paper includes the following aspects.

(1) Design and manufacture of light routes

The light routes are the core of the magneto-optic switch, it decides the overall performance, cost and structure of magneto-optic switch. The design of light routes is mainly basing on Faraday effect of magneto-optic material and the character of linear polarized light. All-fiber magneto-optic switch comprise Polarization Beam Splitter, Polarization Beam Combiner, and magneto-optic material and so on. The design of light routes is basing on the national patent “All-fiber magneto-optic switch” which belongs to our laboratory.

(2) Design and manufacture of circuit

By controlling the current plus to drive magnetic circuit, the magneto-optic material GSF (or GMF) is magnetized, then the linear polarized light passing through it will be rotated. The circuit and magnetic circuit is the key to the switching time. In this paper, three kinds of drive circuit are designed. MC33886 controlled by AT89S52 is used to generate bidirectional current plus. The other two kinds of circuit are similar. DE150 and FMMT415 are used to produce plus whose rising time stay on nanosecond. All three kinds of circuit are analyzed and optimized.

(3) Design and manufacture of magnetic circuit

Magnetic circuit is used to drive Faraday rotator directly, its structure is crucial to the switching time of magneto-optic. Three kinds of magnetic circuit are designed and analyzed. After taking various situations into account, the solenoid type is chose. The dimension of solenoid decides the whole structure of magneto-optic switch. The structure of solenoid is analyzed and designed, and the magnetic field and inductance are also calculated and tested.

Keywords: Magnetic-optic switch; Faraday effect; Switching time.

目 录

| | |
|-----------------------------|----|
| 摘 要 | I |
| 第一章 绪论 | 1 |
| 1.1 全光网络的关键技术 | 1 |
| 1.1.1 全光交换 | 2 |
| 1.1.2 光插/分复用 | 3 |
| 1.1.3 光交叉连接 | 4 |
| 1.1.4 波长变换 | 5 |
| 1.2 光开关 | 5 |
| 1.2.1 光开关的用途与种类 | 5 |
| 1.2.2 光开关的发展趋势 | 11 |
| 1.2.3 光开关的特性参数 | 11 |
| 1.2.4 国内外磁光开关的研究进展 | 13 |
| 1.3 本文的主要研究工作 | 13 |
| 1.3.1 全光纤磁光开关的总体设计 | 14 |
| 1.3.2 本文的研究内容 | 14 |
| 1.4 本章小结 | 15 |
| 参考文献 | 16 |
| 第二章 法拉第效应和磁光材料 | 19 |
| 2.1 光和磁的一些概念 | 19 |
| 2.1.1 光的偏振 | 19 |
| 2.1.2 磁畴和磁化 | 21 |
| 2.2 法拉第效应 | 22 |
| 2.2.1 法拉第效应的宏观理论 | 22 |
| 2.2.2 法拉第效应的非互易性 | 28 |
| 2.3 磁光材料 | 29 |
| 2.4 磁光材料的选择 | 30 |
| 2.4.1 YIG 磁光晶纤 | 31 |
| 2.4.2 RIG 单晶 | 33 |
| 2.5 本章小结 | 40 |
| 参考文献 | 40 |
| 第三章 光路设计及光学器件的研制 | 43 |
| 3.1 光路设计 | 43 |
| 3.2 半波片 | 45 |
| 3.3 带光纤准直器的 PBS 与 PBC | 47 |
| 3.3.1 PBS 与 PBC | 48 |
| 3.3.2 高斯光束 | 50 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| 3.3.3 光纤准直器..... | 51 |
| 3.4 光路对准耦合 | 58 |
| 3.5 本章小结 | 60 |
| 参考文献 | 60 |
| 第四章 驱动电路和磁路设计 | 63 |
| 4.1 驱动电路设计 | 63 |
| 4.1.1 利用 MC33886 设计的电路 | 63 |
| 4.1.2 利用 FM415 雪崩三极管制作纳秒脉冲..... | 66 |
| 4.1.3 利用 DE150 制作脉冲 | 71 |
| 4.2 磁路设计 | 73 |
| 4.2.1 三种磁路方案..... | 73 |
| 4.2.2 磁路计算..... | 77 |
| 4.3 本章小结 | 81 |
| 参考文献 | 82 |
| 第五章 磁光开关的性能测试与分析 | 83 |
| 5.1 器件的封装 | 83 |
| 5.2 主要测试仪器 | 84 |
| 5.2.1 光电探测器及其电路..... | 84 |
| 5.2.2 光源..... | 85 |
| 5.2.3 光功率计..... | 87 |
| 5.2.4 示波器..... | 87 |
| 5.3 开关时间 | 87 |
| 5.3.1 GMF 材料制作的磁光开关 | 88 |
| 5.3.2 GSF 材料制作的磁光开关 | 90 |
| 5.4 1×2 磁光开关的性能指标 | 97 |
| 5.5 本章小结 | 98 |
| 参考文献 | 98 |
| 第六章 结论与展望 | 99 |
| 攻读硕士学位期间的论文、专利和项目 | 101 |
| 致 谢 | 103 |
| 附录 1 AT89S52 单片机程序 | 105 |
| 附录 2 实验设备和样品 | 107 |

CONTENTS

| | |
|--|-----|
| Abstract | III |
| Chapter 1 Introduction | 1 |
| 1.1 Key Technologies for All Optical Network | 1 |
| 1.1.1 All-Optical Swapping | 2 |
| 1.1.2 Optical Add-Drop Multiplexer | 3 |
| 1.1.3 Optical Cross Connect | 4 |
| 1.1.4 Wavelength Conversion | 5 |
| 1.2 Optical Switch | 5 |
| 1.2.1 Application and Classification of Optical Switch | 5 |
| 1.2.2 Developing Trends of Optical Switch | 11 |
| 1.2.3 Characteristic Parameters of Optical Switch | 11 |
| 1.2.4 Research Status of Magneto-optic Switch | 13 |
| 1.3 Outline of Dissertation | 13 |
| 1.3.1 Overall Design of All-fiber Magneto-optic Switch | 14 |
| 1.3.2 Research Areas of the Dissertation | 14 |
| 1.4 Summary | 15 |
| References | 16 |
| Chapter 2 Faraday Effect and Magneto-optic material | 19 |
| 2.1 Some Concepts of Light and Magnetization | 19 |
| 2.1.1 Polarization of Light | 19 |
| 2.1.2 Domain Wall and Magnetization | 21 |
| 2.2 Faraday Effect | 22 |
| 2.2.1 Macroscopical Theory of Faraday Effect | 22 |
| 2.2.2 Nonreciprocity of Faraday Effect | 28 |
| 2.3 Magneto-optic Material | 29 |
| 2.4 Selection of Magneto-optic Material | 30 |
| 2.4.1 YIG Magneto-optic Material | 31 |
| 2.4.2 RIG Single Crystal | 33 |
| 2.5 Summary | 40 |
| Reference | 40 |
| Chapter 3 Optical Path and Optical devices | 43 |
| 3.1 Design of Optical Path | 43 |
| 3.2 Half-wave Plate | 45 |
| 3.3 PBS and PBC With Optical Collimator | 47 |
| 3.3.1 PBS and PBC | 47 |
| 3.3.2 Gauss Beam | 50 |
| 3.3.3 Optical Collimator | 50 |

| | |
|---|------------|
| 3.4 Coupling and Leveling of Light | 58 |
| 3.5 Summary | 60 |
| Reference | 60 |
| Chapter 4 Design of Drive Circuit and Magnetic Circuit | 61 |
| 4.1 Design of Drive Circuit | 63 |
| 4.1.1 Drive Circuit with MC33886 | 63 |
| 4.1.2 Nano Pluse Circuit with FMMT415 | 66 |
| 4.1.3 Pluse Circuit with DE150 | 71 |
| 4.2 Design of Electrocircuit and Magnetic Circuit | 73 |
| 4.2.1 Three kinds of Magnetic Circuit | 73 |
| 4.2.2 Caculation of Magnetic Circuit | 77 |
| 4.3 Summary | 81 |
| Reference | 82 |
| Chapter 5 Test and Analysis of Magneto-optic Switch | 83 |
| 5.1 Assemblage of Switch | 83 |
| 5.2 Main Test Instrument | 84 |
| 5.2.1 Electrophotonic Detector and Circuit | 84 |
| 5.2.2 Optical Source | 85 |
| 5.2.3 Optical Power Meter | 87 |
| 5.2.4 Oscilloscope | 87 |
| 5.3 Switching Time | 87 |
| 5.3.1 Magneto-optic Switch with GMF Material | 88 |
| 5.3.2 Magneto-optic Switch with GSF Material | 90 |
| 5.4 Performance of 1×2 Magneto-optic Switch | 97 |
| 5.5 Summary | 98 |
| Reference | 98 |
| Chapter 6 Conclusion and Prospetions | 98 |
| Publication and Project | 101 |
| Acknowledgement | 103 |
| Appendix1 Program of AT89S52 | 105 |
| Appendix2 Laboratory Equipment and Samples | 107 |

第一章 绪论

随着 Internet 的迅速普及和宽带综合业务数字网（B-ISDN）体系的发展，光纤通信正朝着密集波分复用（DWDM, Dense Wavelength Division Multiplexing）结合光放大器(OA, Optical Amplifier)的高性能、大容量、灵活的全光网络（AON, All Optical Network）方向发展，AON 的出现标志着通信网又向前迈进了重大一步。AON 是指信息从源节点到目的节点的传输完全在光域进行，即全部采用广播技术完成信息的传输和交换的宽带网络。DWDM 极大地提高了 AON 的容量，而利用光分插复用器（OADM, Optical Add-Drop Multiplexer）可实现在不同的节点灵活地上、下波长，利用光交叉连接（OXC, Optical Cross Connect）实现波长路由选择动态重构、网间互连、自愈功能。光开关是构成 OADM、OXC、DWDM 的关键器件，其性能在一定程度上影响甚至决定着整个全光网络的性能。^[1, 2]

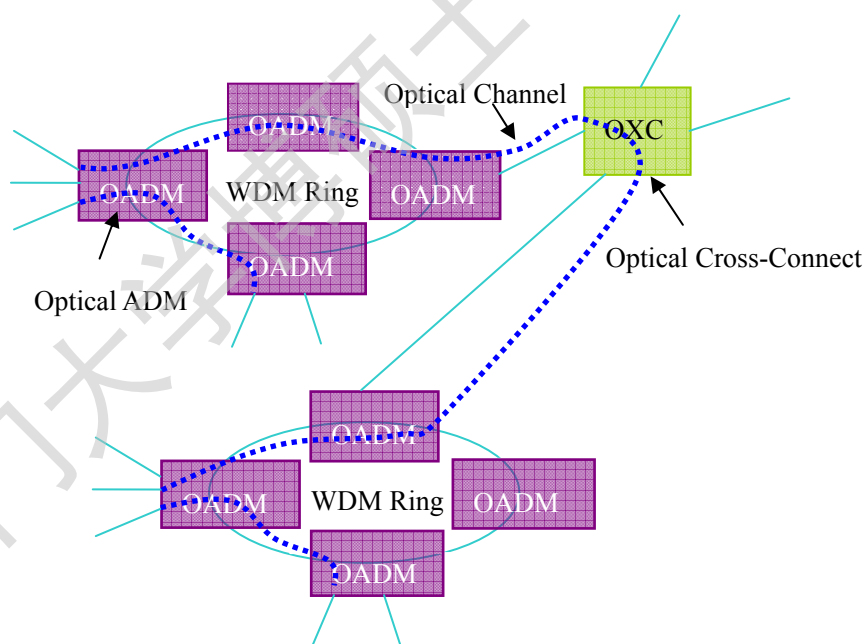


图 1-1: 全光网络示意图

1.1 全光网络的关键技术

全光网络是指网络中直到用户端节点之间的信号通路仍保持着光的形式，

即：端到端的链路中间没有光电转换。换句话说，只有信号在进入和离开网络时才进行电/光（E/O）和光/电（O/E）转换，而在网络中的传输和交换过程始终以光的形式存在。全光网络的结构分为服务层（Service Layer）和传送层（Transport Layer）。网络传送层分为 SDH 层、ATM 层和光传送层。光传送层由 OADM 和 OXC 组成。在光传送层，通过迂回路由波长（RW），在网络中形成大带宽的重新分配。当光缆断开时，光传送层起网络回复（Restoration）的作用。在远端，光纤环中的 OADM 插入/分离所确定的波长通道至 ATM 复用器，而 OXC 则连接两个光 WDM 环路到 ATM 交换机。为了实现真正意义上的全光通信，必须具备光多址技术、信道争夺解决技术、进入数据信号的同步技术、前端识别技术、全光信息再生技术、网络管理与控制技术。还需具备下列关键技术。^[3-9]

1.1.1 全光交换

传统的光交换，在交换过程中存在光转变为电、电转变为光，而且它们的交换容量都受到电子器件工作速度的限制，使得整个光通信系统的带宽受到限制。而全光交换无需在光纤传输线路和交换机之间设置光端机进行光/电、电/光转换，并且在交换过程中能充分发挥光信号的高速、宽带和无电磁感应等优点。全光交换技术作为全新的交换技术，它主要有五种交换方式：空分（SD）光交换、时分（TD）光交换、波分（WD）光交换、复合型光交换和自由空间光交换。

（1）空分光交换是指空间划分的交换，其基本原理是将光交换元件组成门阵列开关，并适当控制门阵列的开关，即可在任一路输入光纤和任一路输出光纤之间构成通路。根据交换元件的不同可分为机械型、光电转换型、复合波导型、全反射型和激光二极管门开关型等。

（2）时分光交换的原理与现行电子程控交换中的时分交换完全相同，时分光交换系统能与传输系统很好地配构成全光网。

（3）波分光交换是指信号不同的波长（或频率）选择不同的通路来实现光交换，波分光交换的优点是能充分利用光路的带宽特性。

（4）复用型光交换是指在一个交换网络中同时应用两种以上的光交换方式，例如空分-波分复合型光交换系统、波分-时分复合型光交换系统。

（5）自由空间光交换可以看做一种空分光交换，由于它具有极高的分辨率

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库